

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-174394

(43)Date of publication of application : 23.06.2000

(51)Int.Cl.

H01S 5/34

(21)Application number : 10-343281

(71)Applicant : NEC CORP

(22)Date of filing : 02.12.1998

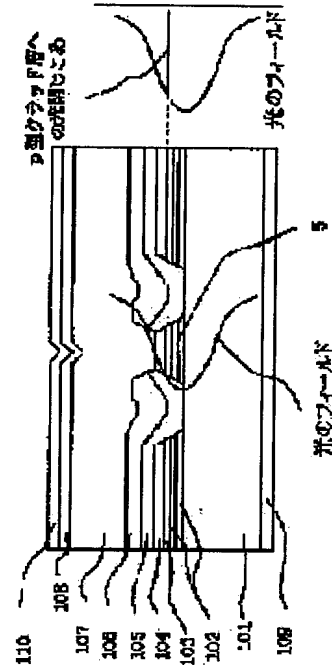
(72)Inventor : SASAKI YOSHIHIRO

## (54) SEMICONDUCTOR LASER

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a semiconductor laser, where an optical field is shifted to an n-type clad layer side, an inter-valence band absorption in a p-type clad layer is considerably suppressed, and high output is realized even in the inexpensive semiconductor layer which suppresses light confinement coefficient to a quantum well layer to be low.

**SOLUTION:** In a semiconductor laser, a distortion multiplex quantum well 103 sandwiched by a p-type clad layer 102 and an n-type clad layer 104 is given on a semiconductor substrate 101. An optical field control layer 5 formed of at least one layer is provided in the n-type clad layer 104. The refractive index of the optical field control layer 5 is larger than that of the n-type clad layer 104, and the band gap energy of the optical field control layer 5 is larger than the energy of laser oscillation light.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 02.12.1998

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 17.04.2002

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection] 2002-08917

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection] 17.05.2002

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2000-174394  
(P2000-174394A)

(43) 公開日 平成12年6月23日 (2000.6.23)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>  
H 0 1 S 5/34

識別記号

F I  
H 0 1 S 3/18

テーマコード(参考)  
5 F 0 7 3

審査請求 有 請求項の数 6 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平10-343281

(22) 出願日 平成10年12月2日 (1998.12.2)

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社  
東京都港区芝五丁目7番1号

(72) 発明者 佐々木 善浩

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株  
式会社内

(74) 代理人 100100893

弁理士 渡辺 勝 (外3名)

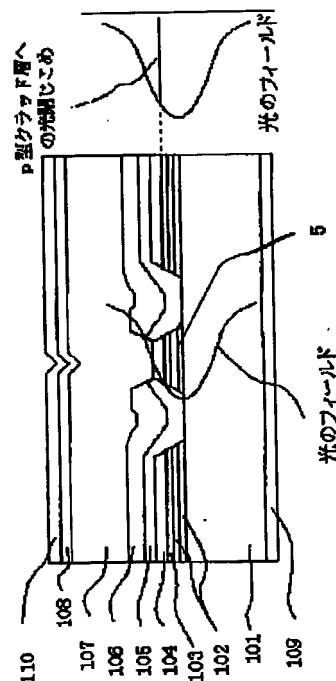
Fターム(参考) 5F073 AA22 AA45 AA51 AA74 AA77  
AA83 CA12 EA23

(54) 【発明の名称】 半導体レーザ

(57) 【要約】

【課題】 量子井戸層への光の閉じこめ係数を低く抑えた低ロス半導体レーザにおいても、光フィールドをn型クラッド層側にシフトさせ、p型クラッド層内での価電子帯間吸収を極力抑えた高出力可能な半導体レーザを提供することを目的とする。

【解決手段】 半導体基板101上に、p型クラッド層102とn型クラッド層104とにはさまれた歪多重量子井戸103を有する半導体レーザであって、n型クラッド層104の内部に、少なくとも1層からなる光フィールド制御層5を有し、この光フィールド制御層5の屈折率が、n型クラッド層104の屈折率よりも大きく、かつ光フィールド制御層5のバンドギャップエネルギーが、レーザ発振光のエネルギーより大きいことを特徴とする半導体レーザ。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 p型クラッド層とn型クラッド層とにはさまれた歪多重量子井戸を有する半導体レーザであつて、前記n型クラッド層の内部に、少なくとも1層からなる光フィールド制御層を有し、該光フィールド制御層の屈折率が、前記n型クラッド層の屈折率よりも大きく、かつ前記光フィールド制御層のバンドギャップエネルギーが、レーザ発振光のエネルギーより大きいことを特徴とする半導体レーザ。

【請求項2】 前記光フィールド制御層のバンドギャップエネルギーが、レーザ発振光のエネルギーより75meV以上大きいことを特徴とする請求項1記載の半導体レーザ。

【請求項3】 p型クラッド層とn型クラッド層とにはさまれた歪多重量子井戸を有する半導体レーザであつて、前記n型クラッド層の内部に、多重量子井戸から構成される光フィールド制御層を有し、該光フィールド制御層の屈折率が、前記n型クラッド層の屈折率よりも大きく、かつ前記多重量子井戸の電子及びホール第一量子井戸準位間のエネルギー差が、レーザ発振光のエネルギーより大きいことを特徴とする半導体レーザ。

【請求項4】 前記電子及びホール第一量子井戸準位間のエネルギー差が、レーザ発振光のエネルギーより75meV以上大きいことを特徴とする請求項3記載の半導体レーザ。

【請求項5】 p型クラッド層とn型クラッド層とにはさまれた歪多重量子井戸を有する半導体レーザであつて、前記n型クラッド層の内部に、多重量子井戸から構成される光フィールド制御層を有し、かつ該量子井戸の厚さが電子の第一量子準位が存在しない厚さであつて、該光フィールド制御層の屈折率が、前記n型クラッド層の屈折率よりも大きく、かつ前記多重量子井戸を構成する障壁層のバンドギャップエネルギーが、レーザ発振光のエネルギーより大きいことを特徴とする半導体レーザ。

【請求項6】 障壁層のバンドギャップエネルギーが、レーザ発振光のエネルギーより75meV以上大きいことを特徴とする請求項5記載の半導体レーザ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、活性層に歪量子井戸を用いた半導体レーザに関し、特に量子井戸層への光の閉じこめ係数を小さくし、量子井戸層でのロスを低減しつつ高利得を保ち、低しきい値、高効率を実現した半導体レーザに関する。

## 【0002】

【従来の技術】活性層に歪多重量子井戸を用いることで半導体レーザの特性は飛躍的に向上した。InP系の化合物半導体を用いる1.3 $\mu$ m以上の波長帯では薄い量子井戸でも大きな利得が得られるため、量子井戸層への閉じこ

め係数を小さくすることで量子井戸層でのロスを低減しつつ高利得を保ち低閾値、高効率の半導体レーザが実現できるようになってきている。

【0003】例えば、EDFA (Erbium doped fiber amplifier)の励起光源に用いられる1.48 $\mu$ mの高出力光源や光ファイバの破断点検知に用いられるOTDR (Optical time domain reflectometer)の光源である1.55 $\mu$ mや1.65 $\mu$ mの高出力光源では高電流注入時の発熱などを考慮し長共振器が用いられるため更に量子井戸層への光閉じこめを下げ内部ロスの低減が図られている。

【0004】しかしながら、量子井戸層への光閉じこめを下げるということは導波光がクラッド側に大きくしみ出すことを意味しておりクラッド層での価電子帯間吸収が問題になる。

【0005】例えば、"The Effect of Intervalence Band Absorption on the Thermal Behavior of InGaAsP Lasers" (IEEE J. Quantum Electronics, Vol. QE-19, pp947-952, 1983)に示されるように室温におけるp-InP(キャリア濃度 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ )における価電子帯間吸収は1.48 $\mu$ m帯で約 $20 \text{ cm}^{-1}$ 、1.65 $\mu$ m帯で約 $25 \text{ cm}^{-1}$ にも及ぶ。p-InPクラッド層への光のしみだしが例えば45%あるとするとp-InPの価電子帯間吸収だけで1.48 $\mu$ m帯では約 $9 \text{ cm}^{-1}$ 、1.65 $\mu$ m帯では約 $11 \text{ cm}^{-1}$ のロスが発生してしまうという問題があった。

【0006】すなわち、キャリア濃度を低減すればこの価電子帯間吸収は低減することが出来るものの素子の直列抵抗が増大し大電流注入時に発熱し光出力の低下を招くためこの方法は採用できず更なる高出力化は困難であつた。

【0007】図4に従来構造の一例を模式図を示す。第一導電型半導体基板101上に、第一導電型クラッド層102、歪多重量子井戸からなる活性層103、第二導電型クラッド層104からなる導波路層を有し、該導波路以外の部分が第二導電型ブロック層105、第一導電型ブロック層106で埋め込まれ、更に全体が第二導電型クラッド層107、第二導電型キャップ層108で埋め込まれ、両側に電極109、110が配置された構造となっている。

【0008】このような従来構造では、図4に示すように、光のフィールドの中心は多重量子井戸層の中心にあるため、p型クラッド層への光の閉じこめも多く、価電子帯間吸収が多く、ロスが発生してしまう。

【0009】具体的な組成としては、例えば、第一導電型クラッド層102をn-InPクラッド層(濃度 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$  : 厚さ150nm)、第二導電型クラッド層104をp-InPクラッド層(濃度 $7 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$  : 厚さ150nm)、活性層を図5に示す様にn-InGaAsP SCH層(波長組成1.13 $\mu$ m、濃度 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 、厚さ33nm)1、un-InGaAsPバリア層(波長組成1.2 $\mu$ m、厚さ7nm)2、un-InGaAsP歪量子井戸層(波長組成1.47 $\mu$ m、歪量1%、厚さ4nm)3、un-InGaAsP SCH層(波長組成1.13 $\mu$ m、厚さ33nm)4とし、この歪量子井戸層の層数は5

とする。また、p-InPクラッド層107の厚さは $2.5\mu\text{m}$ である。

【0010】この具体例においては、量子井戸層への光閉じ込め係数は1.68%、p-InPクラッド層への閉じ込め係数は44.8%となり、価電子帯間の吸収による光の損失も高い。

#### 【0011】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、上記課題に鑑みなされたものであり、量子井戸層への光の閉じ込め係数を低く抑えた低ロスの半導体レーザにおいても、光

#### 【0012】

【課題を解決するための手段】本発明は、p型クラッド層とn型クラッド層とにはさまれた歪多重量子井戸を有する半導体レーザであって、前記n型クラッド層の内部に、少なくとも1層からなる光フィールド制御層を有し、該光フィールド制御層の屈折率が、前記n型クラッド層の屈折率よりも大きく、かつ前記光フィールド制御層のバンドギャップエネルギーが、レーザ発振光のエネルギーより大きいことを特徴とする半導体レーザに関する。

【0013】さらに本発明は、p型クラッド層とn型クラッド層とにはさまれた歪多重量子井戸を有する半導体レーザであって、前記n型クラッド層の内部に、多重量子井戸から構成される光フィールド制御層を有し、該光フィールド制御層の屈折率が、前記n型クラッド層の屈折率よりも大きく、かつ前記多重量子井戸の電子及びホール

の第一量子井戸準位間のエネルギー差が、レーザ発振光のエネルギーより大きいことを特徴とする半導体レーザに関する。

【0014】さらに本発明は、p型クラッド層とn型クラッド層とにはさまれた歪多重量子井戸を有する半導体レーザであって、前記n型クラッド層の内部に、多重量子井戸から構成される光フィールド制御層を有し、かつ該量子井戸の厚さが電子の第一量子準位が存在しない厚さであって、該光フィールド制御層の屈折率が、前記n型クラッド層の屈折率よりも大きく、かつ前記多重量子井戸を構成する障壁層のバンドギャップエネルギーが、レーザ発振光のエネルギーより大きいことを特徴とする

$$\text{アーバック則} : K = K_0 \exp(-\sigma(E_0 - E)/kT)$$

ここで $K_0$ 、 $\sigma$ は物質固有の定数であり、 $k$ はボルツマン定数、 $T$ は絶対温度である。 $\sigma$ はスティーブネス因子と呼ばれ1程度の値である。

【0024】上式により、基礎吸収端( $E_0$ )とレーザ光のエネルギー( $E$ )の差を熱エネルギー $kT$ の3倍以上に取れば、その吸収は基礎吸収端の5%程度にすることができる。

【0025】室温の熱エネルギーは $26\text{meV}$ 程度であり、発

半導体レーザに関する。

#### 【0015】

【発明の実施の形態】本発明の実施形態について図面を参照して説明する。図1は本発明の半導体レーザの一実施形態を示す。

【0016】第一導電型半導体基板101上に、第一導電型クラッド層102、歪多重量子井戸からなる活性層103、第二導電型クラッド層104からなる導波路層を有し、該導波路以外の部分が第二導電型ブロック層105、第一導電型ブロック層106で埋め込まれ、更に全体が第二導電型クラッド層107、第二導電型キャップ層108で埋め込まれ、両側に電極109、110を備えて半導体レーザを構成している。

【0017】前記第一導電型クラッド層(n型クラッド層)102の一部に光フィールド制御層5を有し、その屈折率がクラッド層よりも大きく且つそのバンドギャップエネルギーが活性層のバリア層のバンドギャップエネルギーより大きい構成となっている。

【0018】本図では、第一導電型クラッド層は、n型クラッド層を示し、第二導電型クラッド層は、p型クラッド層を示すが、逆の組合わせであってもよい。

【0019】図1に示すように、n型クラッド層側に屈折率の大きな光フィールド制御層があるために活性層に垂直方向の光のフィールドは大きくn側に引き寄せられ、フィールドの中心は光フィールド制御層の内部に移る。

【0020】このように、光のフィールドの中心が、n型クラッド層側にシフトすることにより、量子井戸層への閉じ込め係数は従来構造の場合と同程度でも、p-InPクラッド層への閉じ込め係数は相対的に低下することになり、その結果、p型クラッド層内で発生する価電子帯間の吸収も低下する。

【0021】光フィールド制御層のバンドギャップエネルギーが活性層のバリア層のバンドギャップエネルギーより大きいことが必要であるが、光フィールド制御層の波長組成を発振波長を無視できる程度にとることにより光フィールド制御層での光の損失をさらに抑えることが可能となる。

【0022】一般に半導体の基礎吸収端より短い波長の光の吸収 $K$ は(式-1)に示されるアーバック則に従う。

#### 【0023】

(式-1)

振波長と光フィールド制御層のエネルギー差を $75\text{meV}$ 以上取れば光フィールド制御層の発振レーザ光に対する影響は十分無視しうるものとなる。

【0026】このように、光フィールド制御層のバンドギャップエネルギーが、発振波長エネルギーより大きければ本発明の効果をj得ることができるが、さらに、発振波長と光フィールド制御層のエネルギー差を $75\text{meV}$ 以上取れば、そこでのロスを十分抑制することができ好まし

い。また、光フィールド制御層のバンドギャップエネルギーは、最も大きくても、クラッド層のバンドギャップを超えることはない。しかしながら、InP系の半導体レーザの場合、バンドギャップが大きい方が屈折率が小さくなるため、光フィールド制御層とクラッド層のバンドギャップと同じにする（すなわち、光フィールド層とクラッド層の組成を合わせる）と、光フィールドにほとんど影響を与えることができなくなってしまう。より効果的に光フィールドを制御するために、光フィールド制御層の屈折率が、クラッド層の屈折率より0.2以上大きいことが好ましく、そのためには、光フィールド制御層のバンドギャップエネルギーから発振波長エネルギーを引いた差が約250meV以下であることが好ましい。

【0027】以上は、光フィールド制御層が、1層の場合について述べたが、2層以上であってもよく、また多重量子井戸構造をとってもよい。

【0028】また、光フィールド制御層は、n型クラッド層の内部にあればよく、内部とは、活性層とn型電極の間にあれば、本発明の効果をを得ることができる。

【0029】〔実施形態1〕本発明の半導体レーザの一実施形態について、図1を用いて説明する。第一導電型半導体基板101（(100)n-InP基板）上に、第一導電型クラッド層（n-InPクラッド層）102、歪多重量子井戸からなる活性層103、第二導電型クラッド層（p-InPクラッド層）104からなる導波路層を有し、該導波路以外の部分が第二導電型ブロック層（p-InPブロック層）105、第一導電型ブロック層（n-InPブロック層）106で埋め込まれ、更に全体が第二導電型クラッド層（p-InPクラッド層）107、第二導電型キャップ層（p-InGaAsキャップ層）108で埋め込まれ、両側に電極109、110を備えて半導体レーザを構成している。

【0030】前記第一導電型クラッド層（n型クラッド層）102の一部に光フィールド制御層（n-InGaAsP）5を有し、その屈折率がクラッド層よりも大きく且つそのバンドギャップエネルギーが活性層のバリア層のバンドギャップエネルギーより75meV以上大きい構成になっている。

【0031】次に具体的に説明する。(100)n-InP基板101上に(011)方向に一对のSiO<sub>2</sub>ストライプマスク21を形成する(図2-a)。このときSiO<sub>2</sub>マスクの幅は5μm程度で一对のSiO<sub>2</sub>マスクの間の開口部の幅は2μm程度である。次に有機金属気相成長法により内部にn-InGaAsP光フィールド制御層(波長組成1.2μm、厚さ200nm、濃度1x10<sup>18</sup>cm<sup>-3</sup>)5を備えるn-InPクラッド層(濃度1x10<sup>18</sup>cm<sup>-3</sup>：トータルの厚さ50nm)102、及び多重量子井戸からなる活性層103、p-InPクラッド層(濃度7x10<sup>17</sup>cm<sup>-3</sup>：厚さ150nm)104で構成される光導波路層を成長する(図2-b)。活性層103は図3に示す様にn-InGaAsP SCH層(波長組成1.13μm、濃度1x10<sup>18</sup>cm<sup>-3</sup>、厚さ33nm)1、un-InGaAsPバリア層(波長組成1.2μm、厚さ7nm)2、un-InGaAsP歪量子井戸層(波長

組成1.47μm、歪量1%、厚さ4nm)3、un-InGaAsP SCH層(波長組成1.13μm、厚さ33nm)4からなる歪量子井戸層の層数は3とする。この様な多重量子井戸構造を取ることによって波長1.48μmでレーザ発振する。また、n-InPクラッド層内部にあるn-InGaAsP光フィールド制御層5とn-InGaAsP SCH層1との間のn-InPクラッド層(濃度1x10<sup>18</sup>cm<sup>-3</sup>)102の厚さは20nmとする。次に活性層を含む導波路層の直上のみSiO<sub>2</sub>マスク21を形成したあと(図2-c)、有機金属気相成長法によりp-InPブロック層(濃度7x10<sup>17</sup>cm<sup>-3</sup>：厚さ600nm)105、n-InPブロック層(濃度1x10<sup>18</sup>cm<sup>-3</sup>：厚さ600nm)106を形成し(図2-d)、SiO<sub>2</sub>マスク21を除去し(図2-e)、全体をp-InPクラッド層(濃度1x10<sup>18</sup>cm<sup>-3</sup>：厚さ1.5μm)107、p-InGaAsキャップ層(濃度5x10<sup>18</sup>cm<sup>-3</sup>：厚さ0.2μm)108で埋め込み、n側、p側に電極109、110を形成する(図2-d)。共振器長1200μmに劈開し、SiO<sub>2</sub>の無反射膜(反射率6%)、SiO<sub>2</sub>とα-Siの多層膜からなる高反射膜(反射率95%)を両端面に形成して半導体レーザとする。

【0032】この構成においては、量子井戸層への閉じ込め係数は1.5%、p-InPクラッド層への閉じ込め係数は27.3%であった。

【0033】図4に示した従来構造では、量子井戸層への光閉じ込め係数は1.68%、p-InPクラッド層への閉じ込め係数は44.8%であり、量子井戸層への光閉じ込めがほぼ同程度でもp-InPクラッド層への閉じ込め係数は約17.5%程減少したことがわかった。

【0034】〔実施形態2〕本発明の半導体レーザの第二の実施形態について、図1及び図6を用いて説明する。この第二の実施形態で特徴的なことは光フィールド制御層が多重量子井戸で構成されている点である。光フィールド制御層の構成及び各層の厚みを調整した以外は、図1に示した第一の実施形態と同様であり、1.625μm帯の高出力レーザについて具体的に説明する。

【0035】光導波路層はn型クラッド層102{n-InPクラッド層(濃度1x10<sup>18</sup>cm<sup>-3</sup>、厚さ20nm)}、光フィールド制御層5、n型クラッド層102{n-InPクラッド層(濃度1x10<sup>18</sup>cm<sup>-3</sup>、厚さ50nm)}、歪多重量子井戸活性層103、p型クラッド層104{p-InPクラッド層(濃度1x10<sup>18</sup>cm<sup>-3</sup>、厚さ50nm)}からなる。

【0036】歪量子井戸活性層103は、n-InGaAsP SCH層(波長組成1.2μm、濃度1x10<sup>18</sup>cm<sup>-3</sup>、厚さ33nm)51、un-InGaAsPバリア層(波長組成1.4μm、厚さ7nm)52、un-InGaAsP歪量子井戸層(波長組成1.55μm、歪量1%、厚さ5.2nm)53、un-InGaAsP SCH層(波長組成1.2μm、厚さ33nm)54、p型クラッド層104{p-InPクラッド層(濃度1x10<sup>18</sup>cm<sup>-3</sup>、厚さ50nm)}からなり、活性層の歪量子井戸層の層数は3である。

【0037】また、n-InPクラッド層内部にある光フィールド制御層5はInGaAsP量子井戸層(波長組成1.625μm、厚さ3nm、濃度1x10<sup>18</sup>cm<sup>-3</sup>)55、InGaAsPバリア層(波

長組成 $1.4\mu\text{m}$ 、厚さ $3\text{nm}$ 、濃度 $1\times 10^{18}\text{cm}^{-3}$ )56からなり、層数は14層である。

【0038】この光フィールド制御層を構成する量子井戸層に出来る電子とホールとの第一量子準位間のエネルギー差は波長換算で約 $1.48\mu\text{m}$ でありレーザ発振波長エネルギーより約 $75\text{meV}$ 大きい。

【0039】製造方法は、光フィールド制御層を多重量子井戸層として製造した以外は、第一の実施形態と同様である。

【0040】第二の実施形態と光フィールド制御層を有せず、量子井戸層数が5層であること以外は全く同じ構成の従来構造の $1.625\mu\text{m}$ 帯の半導体レーザの場合、量子井戸層への光閉じこめは $1.84\%$ であり、p型クラッド層への光のしみだしは $45.4\%$ であるのに対し、第二実施形態の半導体レーザの場合は量子井戸層への光閉じこめは $1.69\%$ で、p型クラッド層への光のしみだしは $36\%$ になる。光フィールド制御層を持たない従来例に比べp型クラッド層への光のしみだしは約 $10\%$ 減少していることが判明した。

【0041】 $1.625\mu\text{m}$ 帯でのp-InP(濃度 $1\times 10^{18}\text{cm}^{-3}$ )の価電子帯間吸収は約 $25\text{cm}^{-1}$ であるから (IEEE J. Quantum Electronics., Vol. QE-19, pp947-952, 1983)p-InPへの光のしみだしを約 $10\%$ 減少することで内部ロスに約 $2.5\text{cm}^{-1}$ 低減することが出来る。この結果、第二の実施形態の半導体レーザではスロープ効率が従来構造の $0.35\text{W/A}$ より $0.4\text{W/A}$ まで向上した。すなわち本実施形態では、光フィールド制御層として多重量子井戸を用いているため、レーザ発振光にとってロスにならずに屈折率が大きな組成を使用できるため光フィールド制御層全体の厚さが薄くても(この実施形態の場合は $87\text{nm}$ )光フィールドを大きく制御できることに特徴がある。

【0042】〔実施形態3〕次に第三の実施形態について説明する。図7は第三の実施形態を説明するための模式図である。この第三の実施形態の特徴はp-InP基板上に導波路を形成していることである。

【0043】具体的に層構成を説明する。p型半導体基板201{(100)p-InP基板(濃度 $1\times 10^{18}\text{cm}^{-3}$ )}上にp型バッファ層202{(p-InPバッファ層(濃度 $7\times 10^{17}\text{cm}^{-3}$ 、厚さ $1\mu\text{m}$ ))202を成長し、その上に(011)方向へ対する $\text{SiO}_2$ ストライプマスク23を形成する(図8-a)。このとき $\text{SiO}_2$ マスクの幅は $5\mu\text{m}$ 程度一対の $\text{SiO}_2$ マスクの間の開口部の幅は $2\mu\text{m}$ 程度である。

【0044】次に有機金属気相成長法によりp型クラッド層104{p-InPクラッド層(濃度 $1\times 10^{18}\text{cm}^{-3}$  : 厚さ $50\text{nm}$ )}104、及び多重量子井戸からなる活性層103、内部に多重量子井戸からなる光フィールド制御層5を備えるn型クラッド層104{n-InPクラッド層濃度 $7\times 10^{17}\text{cm}^{-3}$  : トータルの厚さ $30\text{nm}$ }で構成される光導波路層を成長する(図8-b)。

【0045】活性層103及び光フィールド制御層5を含む

光導波路層のバンド構造は図9に示すようにun-InGaAsP

SCH層(波長組成 $1.13\mu\text{m}$ 、厚さ $33\text{nm}$ )102、un-InGaAsPバリア層(波長組成 $1.2\mu\text{m}$ 、厚さ $7\text{nm}$ )2、un-InGaAsP歪量子井戸層(波長組成 $1.55\mu\text{m}$ 、歪量 $1\%$ 、厚さ $4\text{nm}$ )57、n-InGaAsP SCH層(波長組成 $1.2\mu\text{m}$ 、濃度 $1\times 10^{18}\text{cm}^{-3}$ 、厚さ $3\text{nm}$ )4及びn-InGaAsPバリア層(波長組成 $1.4\mu\text{m}$ 、厚さ $5\text{nm}$ 、濃度 $1\times 10^{18}\text{cm}^{-3}$ )58、n-InGaAsP歪量子井戸層(波長組成 $1.55\mu\text{m}$ 、厚さ $1.2\text{nm}$ 、濃度 $1\times 10^{18}\text{cm}^{-3}$ )59、からなり活性層を構成する歪量子井戸層の層数は3とし、光フィールド制御層を構成する多重量子井戸の層数は16とする。

【0046】n-InPクラッド層内部にあるn-InGaAsP光フィールド制御層5とn-InGaAsP SCH層1との間のn-InPクラッド層(濃度 $1\times 10^{18}\text{cm}^{-3}$ )102の厚さは $15\text{nm}$ とする。この様な多重量子井戸構造を取ることで波長 $1.55\mu\text{m}$ でレーザ発振する。

【0047】また、光フィールド制御層での量子井戸層の厚みは、電子の量子準位が存在しない量子井戸層厚となっているために、発振波長に最も近いエネルギーを持つ層は光フィールド制御層内の $1.4\mu\text{m}$ 組成のバリア層であり、発振波長より約 $85\text{meV}$ 離れているためロスにはならない。

【0048】本実施形態の場合は、光フィールド制御層での量子井戸層の厚みは、電子の量子準位が存在しない量子井戸層厚となっていればよく、この厚みは、量子井戸層の組成、バリア層の組成に合わせて適宜きめることができる。

【0049】このような構成を取ることで活性層の量子井戸層に対する光閉じ込めは $1.58\%$ となり、pクラッド層への光のしみだしは $33.6\%$ であった。光フィールド制御層を持たずに、活性層の量子井戸層数が5層で、バリア層の厚さが $9\text{nm}$ の従来構造の場合、活性層の量子井戸層への光閉じ込めは $1.58\%$ 、pクラッド層への光のしみだしは約 $45\%$ であり、光フィールド制御層を設けることで活性層への光閉じ込めは変えずにp型クラッド層への光のしみだしを約 $10\%$ 程度低減できた。

【0050】次に活性層を含む導波路層の直上のみ $\text{SiO}_2$ マスク24を形成したあと、有機金属気相成長法によりp型ブロック層203{p-InPブロック層(濃度 $7\times 10^{17}\text{cm}^{-3}$  : 厚さ $100\text{nm}$ )}、n型ブロック層106{n-InPブロック層(濃度 $1\times 10^{18}\text{cm}^{-3}$  : 厚さ $600\text{nm}$ )}、p型ブロック層203{p-InPブロック層(濃度 $7\times 10^{17}\text{cm}^{-3}$  : 厚さ $100\text{nm}$ )}を形成し(図8-c)、 $\text{SiO}_2$ マスク24を除去し、全体をp型ブロック層204{n-InPクラッド層(濃度 $1\times 10^{18}\text{cm}^{-3}$  : 厚さ $1.5\mu\text{m}$ )}で埋め込む(図8-d)。n側、p側に電極109、110を形成する。

【0051】共振器長 $900\mu\text{m}$ に劈開し、 $\text{SiO}_2$ の無反射膜(反射率 $6\%$ )、 $\text{SiO}_2$ と $\alpha\text{-Si}$ の多層膜からなる高反射膜(反射率 $95\%$ )を両端面に形成して半導体レーザとする。上述したようにp型クラッド層への光のしみだしは従来より

も約10%程度低減するため、ロス約2cm-1程低減しその結果スロープ効率は0.4W/Aから0.42W/Aに向上した。

【0052】〔実施形態4〕次に第四の実施形態について説明する。図10は第四の実施形態を説明するための模式図である。p型基板上に活性層を構成するため作製方法は第三の実施形態とほぼ同様であり、最後のn-InPクラッド層204を形成する前に光フィールド制御層を形成するところに特徴がある。

【0053】p型半導体基板201{(100)p-InP基板(濃度 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ )}上にp型バッファ層202{(p-InPバッファ層(濃度 $7 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 、厚さ $2 \mu\text{m}$ )}202を成長し、その上p型クラッド層104{(p-InPクラッド層(濃度 $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 、厚さ $1000\text{nm}$ )}104、及び実施形態1と全く同様の層構成を有する歪多重量子井戸からなる活性層103、n型クラッド層102{(n-InPクラッド層濃度 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ ：トータルの厚さ $50\text{nm}$ )}で構成される光導波路層を形成する。

【0054】次に、p-InPブロック層(濃度 $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ ：厚さ $0.2 \mu\text{m}$ )203、n-InPブロック層(濃度 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ ：厚さ $0.6 \mu\text{m}$ )106、p-InPブロック層(濃度 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ ：厚さ $0.6 \mu\text{m}$ )105を導波路層脇に形成する。

【0055】さらに、n-InGaAsP(濃度 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ ：厚さ $0.2 \mu\text{m}$ 、組成 $1.2 \mu\text{m}$ )5、n-InP(濃度 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ ：厚さ $4 \mu\text{m}$ )204で全体を埋め込む。

【0056】本実施形態においては、p型基板を用いているためにp側のコンタクト抵抗が小さくなるという利点を持つ。

#### 【0057】

【発明の効果】以上述べたように、n型クラッド層の内部に光フィールド制御層を設けることによって、光のフィールドがn側に引き寄せられ、p型クラッド層へのしみ出しを抑制することができる。このp側へのしみ出しの防止により価電子帯間の吸収を抑えることができる。

【0058】また、p側への光のしみ出しが少なくなった分、p型クラッド層の層厚を薄くできるため、直列抵抗が下がり、更には熱抵抗も低減することができる。その結果、スロープ効率の向上、光出力の向上を図ることが出来る。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の半導体レーザの一実施形態を示す断面図である。

【図2】実施形態1の半導体レーザの製造方法を示す工程断面図である。

【図3】実施形態1の半導体レーザのバンドダイアグラムを示す。

【図4】従来構造の多重量子井戸レーザの断面図を示す。

【図5】従来構造の多重量子井戸レーザのバンドダイアグラムを示す。

【図6】実施形態2の半導体レーザのバンドダイアグラムを示す。

【図7】実施形態3の半導体レーザの断面図を示す。

【図8】実施形態1の半導体レーザの製造方法を示す工程断面図である。

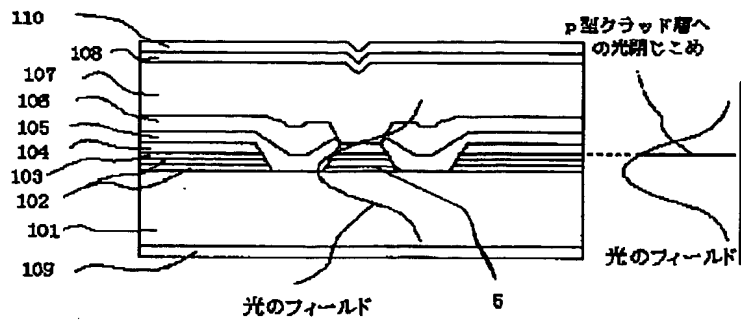
【図9】実施形態3の半導体レーザのバンドダイアグラムを示す。

【図10】実施形態4の半導体レーザの断面図を示す。

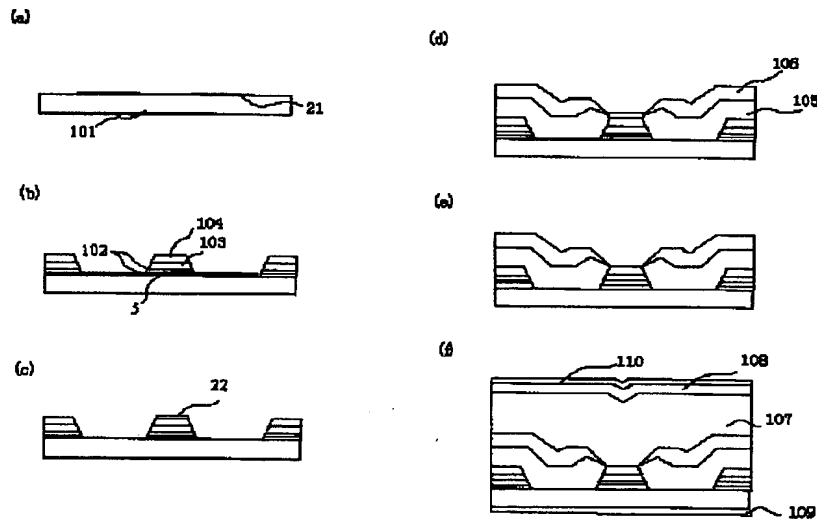
#### 【符号の説明】

- 1、51 n型SCH層
- 2、52 活性層のバリア層
- 3、53 活性層の歪量子井戸層
- 4、54 p型SCH層
- 5 光フィールド制御層
- 21、22、23、24 SiO<sub>2</sub>膜
- 56 光フィールド制御層のバリア層
- 57 光フィールド制御層の量子井戸層
- 101 半導体基板
- 102、204 n型クラッド層
- 103 歪多重量子井戸活性層
- 104 p型クラッド層
- 105、203 pブロック層
- 106 nブロック層
- 107 p型クラッド層
- 108 p型キャップ層
- 119、110 電極
- 201 p型半導体基板
- 202 p型バッファ層

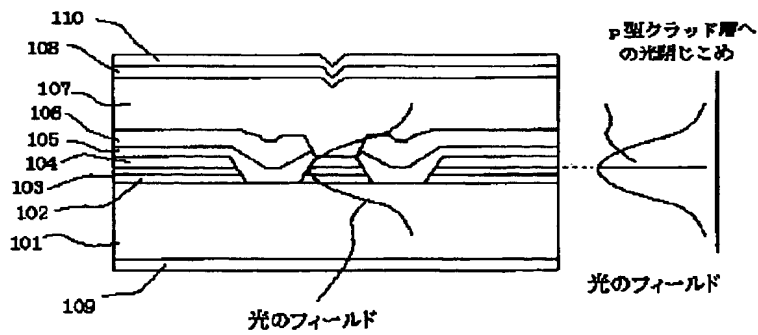
【図1】



【図2】

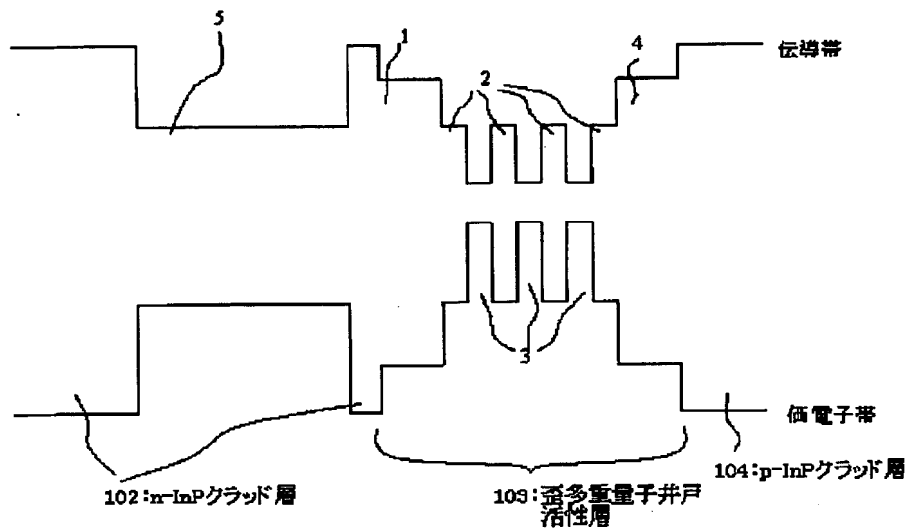


【図4】

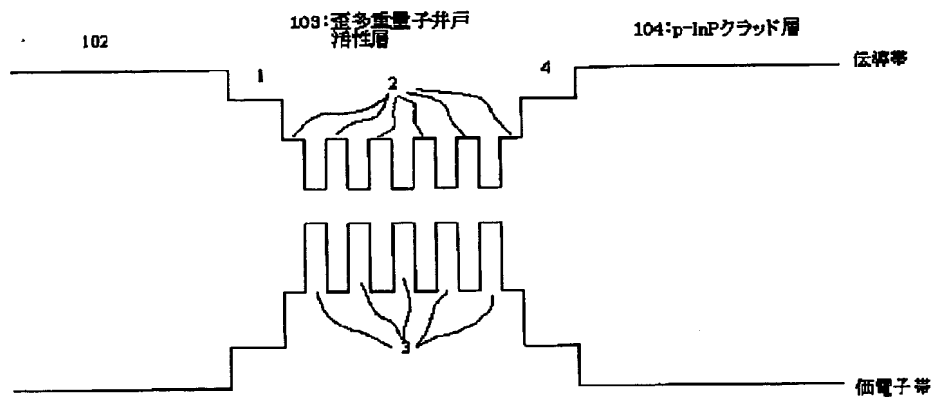




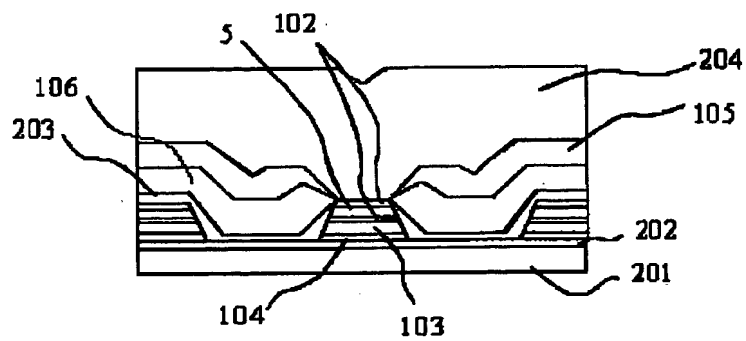
【図 3】



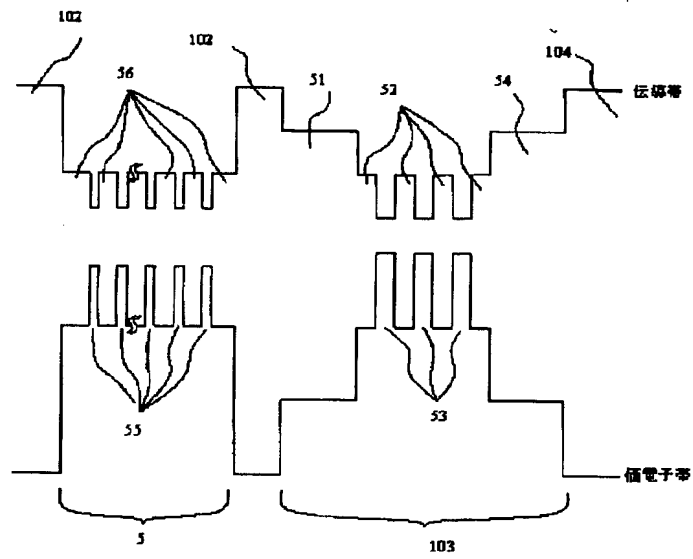
【図 5】



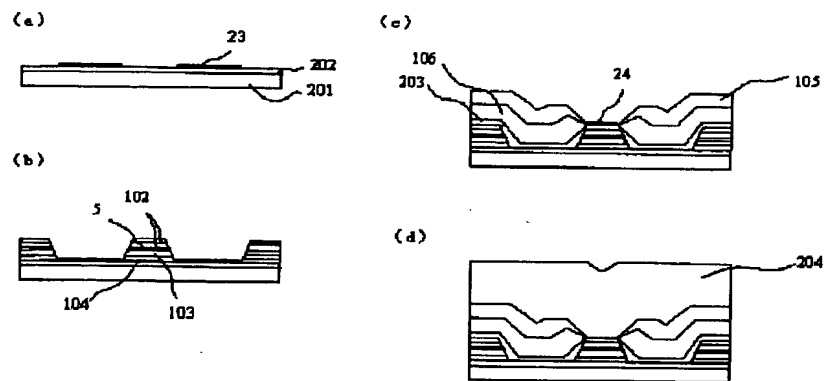
【図 7】



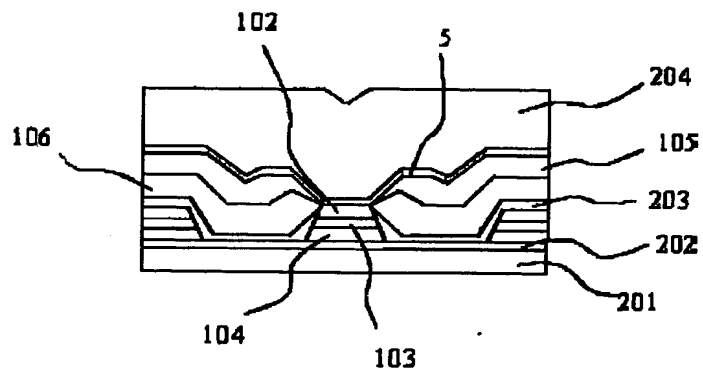
【図6】



【図8】



【図10】



【図9】

